

KAJIAN EKSPERIMENTAL DAN NUMERIS HAMBATAN KAPAL *CREW BOAT* “ORELA” DENGAN DAN TANPA MENGGUNAKAN *FOIL* BELAKANG

Affan Hidayat dan Ketut Suastika

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: k_suastika@na.its.ac.id

Abstrak—Operasional dari kapal *crew boat* banyak digunakan sebagai keperluan logistik di daerah lepas pantai. Dengan mempertimbangkan kecepatan, waktu tempuh, dan bahan bakar kapal *crew boat* untuk dapat mengantar atau menjemput pekerja lepas pantai, dan keperluan logistik lainnya, maka penambahan *foil* belakang pada kapal *crew boat* dapat menjadi alternatif dalam meningkatkan performa kapal. Tujuan dari pemasangan *foil* belakang adalah memperkecil luas permukaan kapal yang tercelup di dalam air akibat adanya gaya angkat *foil* ketika kecepatan ditambahkan sehingga dapat memperkecil hambatan kapal. Untuk mendapatkan tipe *foil* belakang yang optimum, maka dilakukan variasi aspek rasio dan sudut serang dari variasi tipe NACA. Dari simulasi kekentalan murni mendapatkan tipe NACA untuk *foil* belakang adalah NACA 64A212 aspek rasio 6,67 dan sudut serang 2° dengan *lift force/drag force* tertinggi yaitu 29,67; dan untuk *strut* adalah NACA 0010 dengan *drag coefisien* yang paling minimum yaitu 0,0091. Dari pengujian hambatan di *towing tank* (eksperimen) dan simulasi *free surface* (numerik) menggunakan aplikasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) didapatkan nilai hambatan total kapal. Pengaruh penambahan *foil* belakang pada Kapal Orela adalah pada *froude number* 0,36 (kecepatan 14 knots) dapat menambah hambatan total kapal sebesar 14,5% (eksperimen) dan 16,1% (numerik); hambatan terus berkurang dengan bertambahnya kecepatan kapal; dan pada *froude number* 0,57 (kecepatan 22 knots) dapat mengurangi hambatan total yaitu sebesar 5,2% (eksperimen), dan 8,4% (numerik); serta pada *froude number* 0,62 (kecepatan 24 knots) yaitu sebesar 3,3% (eksperimen), dan 7,1% (numerik). Kemudian pada kecepatan dinas kapal yaitu pada kecepatan 28 knots (*froude number* 0,73) pengurangan hambatan semakin besar yaitu 10% (numerik).

Kata Kunci—*Crew boat*, CFD (*Computational Fluid Dynamics*), eksperimental, *foil* belakang, hambatan total

I. PENDAHULUAN

Operasional dari kapal *crew boat* digunakan sebagai keperluan regular crew change dan keperluan logistik, terutama untuk para pekerja offshore eksplorasi minyak dan gas yang banyak bekerja di daerah lepas pantai. Dengan mempertimbangkan kecepatan, waktu tempuh, dan bahan bakar kapal *crew boat* untuk dapat mengantar atau menjemput pekerja lepas pantai, dan keperluan logistik lainnya, maka penambahan *foil* belakang pada kapal *crew boat* dapat menjadi alternatif dalam meningkatkan performa kapal. Tujuan dari pemasangan *foil* belakang adalah memperkecil hambatan yang terjadi akibat gaya gesek antara lambung kapal yang tercelup

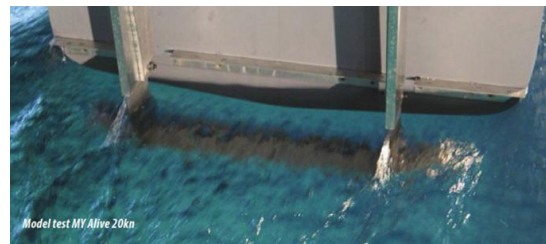
dengan air.

Kapal *Crew boat* “Orela” dari PT. Orela Shipyard, Ujung Pangkah, Gresik telah dilakukan uji tarik di Laboratorium Hidrodinamika ITS untuk mengetahui hambatan dan power yang digunakan pada kecepatan dinasnya. Untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar, dan waktu tempuh, maka Kapal *Crew boat* “Orela” ini akan dipasang *foil* belakang yang berguna untuk meningkatkan gaya angkat pada kapal ketika kecepatan ditambahkan sehingga hambatan total kapal dapat berkurang karena luasan kapal yang tercelup dalam air berkurang. Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini, akan dilakukan kajian eksperimental dan numeris tentang hambatan Kapal *Crew boat* “Orela” dengan dan tanpa menggunakan *foil* belakang.

II. STUDI LITERATUR

A. Kapal dengan Foil Belakang

Sebuah *foil* belakang yang terpasang di bawah transom kapal berfungsi memberi gaya angkat dinamis sehingga lambung kapal dapat terangkat. Alasan pemakaian dari *foil* belakang adalah ketika kecepatan bertambah dan lambung kapal mulai terangkat sehingga memperkecil luas hambatan yang terjadi akibat gaya gesek antara lambung kapal yang tercelup dengan air, *foil* belakang memberikan efek meningkatkan gaya angkat pada kapal ketika kecepatan ditambahkan.



Gambar 1. Kapal Dengan *Foil* Belakang [9]

Foil belakang ini juga ada yang telah mematenkan dengan nama *Hull Vane* oleh Dr. Ir. Peter van Oossanen. *Hull Vane* adalah peralatan penghematan bahan bakar di kapal dengan sebuah *fixed foil*, yang ditempatkan di bawah buritan kapal. *Foil* belakang dapat mempengaruhi bentuk gelombang di buritan kapal dan membuat gaya angkat hidrodinamik. Hasil dari pemasangan ini adalah dapat mengurangi hambatan total

kapal. Performa dari *foil* belakang berdasarkan panjang kapal, kecepatan, dan bentuk lambung pada buritan kapal [4].

Foil belakang ini memberikan beberapa efek antara lain:

1) Gaya dorong

Foil belakang dapat memperoleh energi dari aliran air dekat buritan kapal. Gaya angkat itu dihasilkan oleh *foil* belakang memiliki komponen yang mengarah kedepan. Ketika hambatan *foil* belakang sendiri kurang dari gaya dorong kedepan ini, maka hasil resultannya adalah gaya dorong tambahan pada kapal.

2) Mengurangi hambatan gelombang

Dengan menambahnya kecepatan kapal dengan pemasangan *foil* belakang, gelombang buritan kapal dapat berkurang. Dengan berkurangnya gelombang buritan, maka hambatan total kapal berkurang dan karena itu mengurangi konsumsi bahan bakar kapal.

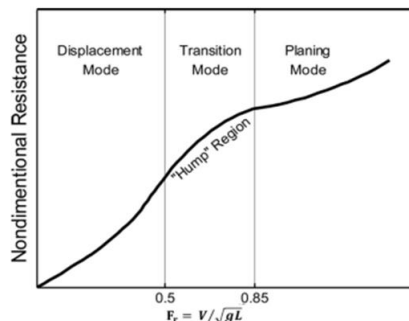
3) Koreksi trim

Banyak kapal yang berlayar dengan kecepatan relatif cepat memberikan keuntungan dengan koreksi trim pada kecepatan yang lebih tinggi. Gaya angkat yang dihasilkan oleh *foil* belakang dapat mengurangi *trim* berjalan dan menjaga kapal tetap *even keel* pada kecepatan yang lebih tinggi.

Pengaplikasian *foil* belakang ini telah dilakukan pada berbagai macam tipe kapal, seperti pada kapal feri, kapal kontainer, *cruise ships*, *patrol boats*, *supply vessels*, kapal perang, *large motoryachts*, *car carriers*, dan kapal ro-ro. Dalam kasus ini, umumnya penghematan bahan bakar antara 5% sampai 15% dan dalam beberapa kasus, penghematan bahan bakar hingga 20% telah dicapai [4].

B. Teori Perhitungan Hambatan

Kapal cepat pada saat beroperasi, mulai dari kecepatan nol knot sampai dengan kecepatan maksimum akan mengalami 3 tahapan (mode) kecepatan sebagai berikut:



Gambar 2. Tiga Mode Hambatan Kapal Fungsi dari Froude Number [13]

1) Displacement Mode

Kapal-kapal komersial besar hampir selalu belayar pada mode ini, dimana berat kapal keseluruhan disangga oleh gaya angkat (*buoyancy*). Kapal yang berlayar dengan kecepatan rendah ($F_n < \sim 0,5$) tidak akan mengalami perubahan *trim* ataupun titik berat (VCG) yang berarti. Dengan naiknya F_n perubahan tersebut mulai timbul.

2) Transition Mode (Semi-Planing)

Pada fase ini terjadi fenomena *resistance barrier* ($F_n \sim 0,5$), dimana terjadi peningkatan nilai hambatan total secara tajam diiringi dengan perubahan gaya angkat hidrodinamik

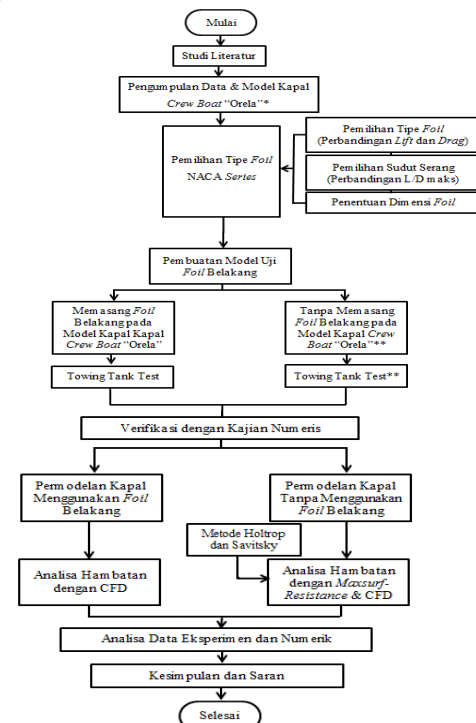
yang tinggi seiring dengan bertambahnya kecepatan. Peningkatan hambatan kapal ini akan mencapai puncak dan menurun. Kondisi ini disebut dengan *hump region*.

3) Mode Planning

Mode planning dapat ditandai dengan kondisi dimana hampir seluruh berat kapal disangga oleh gaya angkat hidrodinamik dan hanya sebagian kecil berat kapal yang bertumpu pada gaya hidrostatik.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian



* Model Kapal *Crew Boat* "Orela" sudah ada di Laboratorium Hidrodinamika ITS.

** Eksperimen Model Kapal *Crew Boat* "Orela" tanpa menggunakan *foil* telah dilakukan.

Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

B. Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Tabel 1. Data Ukuran Utama Kapal *Crew boat* "Orela"

Dimensi Partikular	Kapal	Model (1:40)
LOA	40,00 m	1000,0 mm
Lpp	39,90 m	997,5 mm
Lebar (B)	8,00 m	20,0 mm
Tinggi (H)	4,40 m	110,0 mm
Sarat (T)	1,70 m	42,5 mm
WSA	287,24 m ²	0,1795 m ²
Displacement	242,716 ton	3,7924 kg

C. Pemilihan Jenis Foil

Hasil analisis *lift force* dan *drag force* dari berbagai tipe *foil* NACA tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Analisa Angel of Attack [11]

No.	Tipe Foil NACA	Drag (N)	Lift (N)
1	64A212 (0°)	690,429	1556,99
2	64A212 (30°)	13625,4	21426,5

No.	Type Foil NACA	Drag (N)	Lift (N)
3	2412 (0°)	684,374	1547,79
4	2412 (30°)	13677,3	21107
5	23012 (0°)	684,373	1547,79
6	23012 (30°)	12482,8	19295,6
7	21021 (0°)	692,995	1575,89
8	21021 (30°)	13706,2	21427,3

Tabel 3. Hasil Perhitungan F_L/F_D Angel of Attack 0° [11]

No.	Type Foil NACA	F_L/F_D
1	64A212	2,255105159
2	2412	2,261614264
3	23012	2,261617568
4	21021	2,274027951

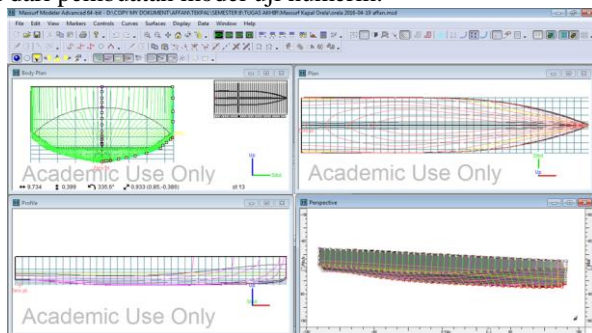
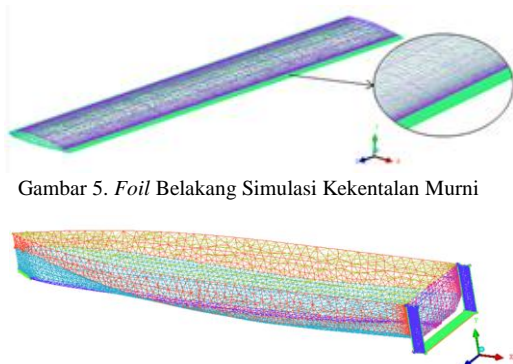
Tabel 4. Hasil Perhitungan F_L/F_D Angel of Attack 30° [11]

No.	Type Foil NACA	F_L/F_D
1	64A212	1,572541
2	2412	1,543214
3	23012	1,545775
4	21021	1,563329

Maka tipe *foil* yang akan dipilih untuk *foil* belakang adalah antara NACA 21021 dan 64A212. Selain pemilihan dari tipe NACA yang paling optimum, penentuan dimensi *foil* dan sudut serang juga akan menentukan nilai dari L/D yang paling optimum.

IV. PEMBUATAN MODEL DAN SIMULASI CFD

Seperti yang telah dijelaskan pada Bab III, pembuatan model uji numerik diklasifikasikan dalam tiga bagian, yaitu lambung kapal, *foil* belakang, dan *strut*. Berikut merupakan hasil dari pembuatan model uji numerik:

Gambar 4. Model Kapal dan Rencana Garis Kapal *Crew boat* yang Digambar Ulang Dengan MaxsurfGambar 5. *Foil* Belakang Simulasi Kekentalan MurniGambar 6. Kapal Dengan *Foil* Belakang Pada Simulasi *Free Surface*

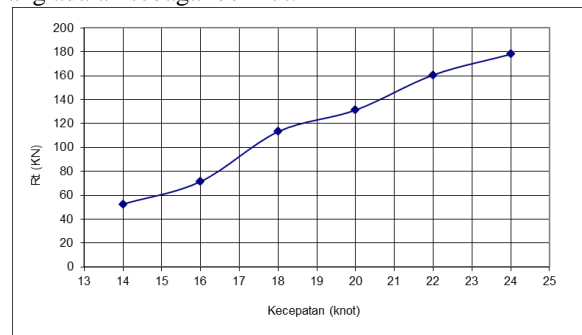
V. PENGUJIAN HAMBATAN DI TOWING TANK

Percobaan model kapal tanpa menggunakan *foil* belakang

dilakukan pada tanggal 4 sampai 8 Agustus 2015 dan percobaan model kapal dengan menggunakan *foil* belakang dilakukan pada tanggal 11 Mei 2016 di Laboratorium Hidrodinamika, Fakultas Teknologi Kelautan ITS.

Gambar 7. Pandangan Dari Samping Model Kapal Dengan *Foil* BelakangGambar 8. Pandangan Dari Belakang Model Kapal Dengan *Foil* Belakang

Hasil pengujian model kapal orela tanpa menggunakan *foil* belakang adalah sebagai berikut:

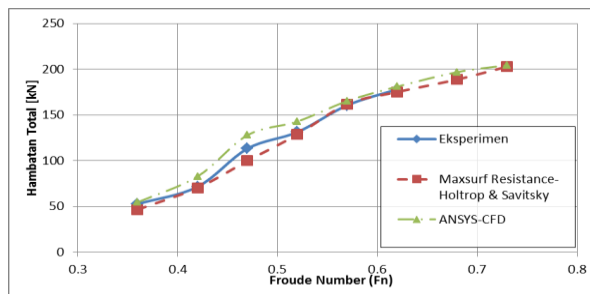
Gambar 9. Hubungan Kecepatan dengan Hambatan Kapal Tanpa *Foil* Belakang [6]

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kapal Tanpa Menggunakan *Foil* Belakang

Tabel 5. Perbandingan Hambatan pada Kapal Tanpa *Foil* Belakang

Run ke-	V (knots)	Fn	Hambatan Total (kN)		
			Eksperimen	Maxsurf Resistance-Holtrop & Savitsky	ANSYS-CFD
1	14	0,36	52,6	46,5	54,48
2	16	0,42	71,5	70,2	82,73
3	18	0,47	113,2	99,8	127,86
4	20	0,52	131,3	128,6	142,88
5	22	0,57	160,6	161,9	165,23
6	24	0,62	178	175,1	180,95
7	26	0,68	-	188,8	196,8
8	28	0,73	-	202,8	204,3



Gambar 10. Perbandingan Hambatan dari Kapal Tanpa Foil Belakang

Fenomena *hump* dapat terjadi, yaitu pada *froude number* 0,47 (kecepatan 18 knots). Fenomena *hump* ini terjadi pada *mode transisi* antara perubahan *mode displacement* menuju *mode planning*. Dimana pada mode ini terjadi perubahan gaya angkat hidrodinamik seiring dengan bertambahnya kecepatan, sehingga berat kapal akan disangga lebih banyak oleh gaya angkat hidrodinamik [13].

B. Foil Belakang

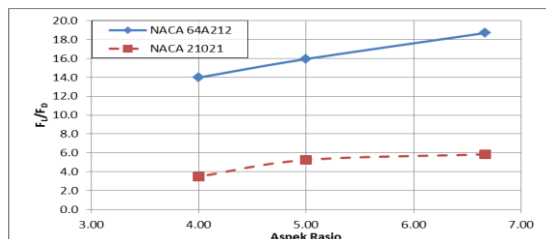
Hasil perbandingan *lift* dan *drag* pada NACA 64A212 dan NACA 21021 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 6. Data Perbandingan *Lift* dan *Drag* Pada NACA 64A212

No	Span (meter)	Chord (meter)	Aspek Rasio	Lift (N)	Drag (N)	F_L/F_D
1	8	1,2	6,67	104583,0	5591,8	18,703
2	8	1,6	5,00	146405,0	9184,3	15,941
3	8	2	4,00	129883,0	9288,2	13,984

Tabel 7. Data Perbandingan *Lift* dan *Drag* Pada NACA 21021

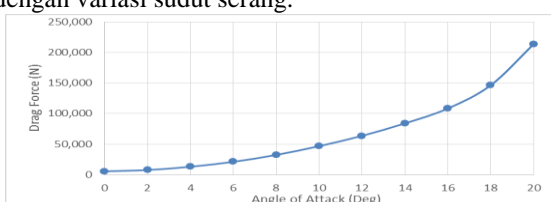
No	Span (meter)	Chord (meter)	Aspek Rasio	Lift (N)	Drag (N)	F_L/F_D
1	8	1,2	6,67	50775,8	8690,7	5,843
2	8	1,6	5,00	57990,2	11043,4	5,251
3	8	2	4,00	49124,2	14066,0	3,492



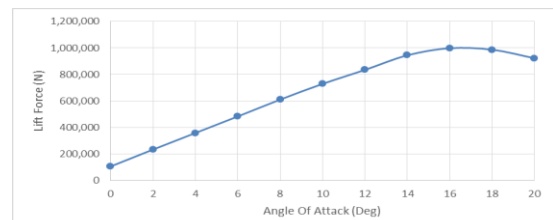
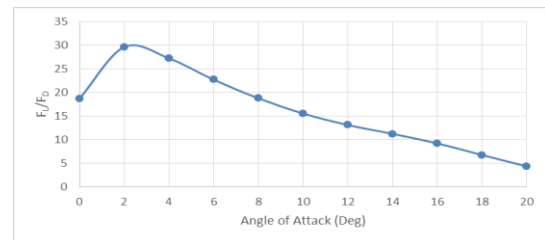
Gambar 11. Hasil Perbandingan Aspek Rasio & Lift Force/Drag Force pada NACA 64A212 dan NACA 21021

Setelah mendapatkan *lift force/drag force* maksimum dari variasi aspek rasio, maka tipe dan ukuran NACA yang terpilih (NACA 64A212 dengan aspek rasio 6,67 yaitu dengan ukuran chord 1,2 meter dan span 8 meter) dilakukan simulasi CFD dengan variasi sudut serang untuk mendapatkan hasil *lift force/drag force* yang maksimum.

Berikut merupakan hasil perbandingan lift force dan drag force dengan variasi sudut serang.



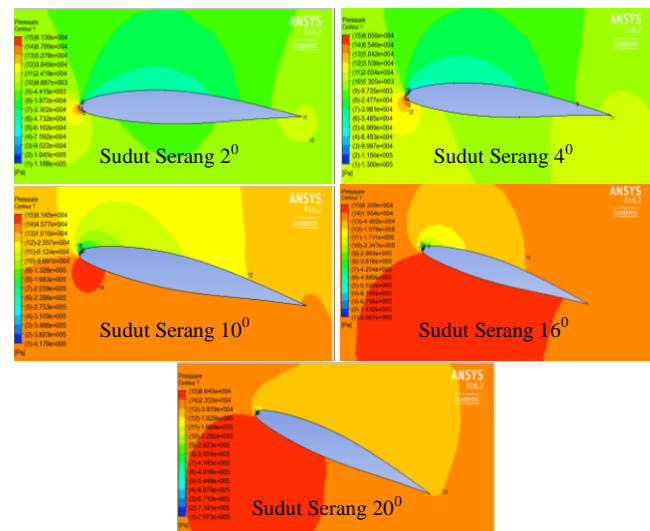
Gambar 12. Perbandingan Drag Force dengan Sudut Serang NACA 64A212

Gambar 13. Perbandingan *Lift Force* dengan Sudut Serang NACA 64A212Gambar 14. *Lift Force/Drag Force* fungsi Sudut Serang Pada NACA 64A212

Maka dari hasil *lift force/drag force* ini dapat disimpulkan tipe dan ukuran *foil* belakang yang dipilih adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Tipe dan Ukuran *Foil* Belakang

Foil Belakang	
Tipe NACA	: NACA 64A212
Aspek Rasio	: 6,67
Chord	: 1,2 m
Span	: 8 m
Sudut Serang	: 2°

Gambar 15. Gambar Visualisasi Kontur Tekanan dari *Foil* Belakang

Gambar 15 menunjukkan pada sudut serang 16° kontur kecepatan bagian atas *foil* semakin berwarna merah. Dan pada sudut serang 20° area kontur yang berwarna merah mulai berkurang, ini membuktikan bahwa gaya angkat (*lift force*) yang terjadi mulai berkurang.

C. Strut

Tabel 9. Perbandingan Drag Pada Variasi Tipe Foil

Tipe Foil	Drag Force (N)	CD
NACA 63012	900,80	0,0099
NACA 0010	828,198	0,0091

Dari Tabel 9 dapat terlihat bahwa nilai koefisien *drag*

minimum terdapat pada tipe *foil* NACA 0010 yaitu sebesar 0,0091 dan nilai *drag force* sebesar 828,198 N. Selisih persentase *drag force* dari kedua tipe *foil* tersebut adalah 8,4%. Maka dari hasil simulasi CFD ini dapat disimpulkan tipe dan ukuran *strut* yang dipilih adalah sebagai berikut:

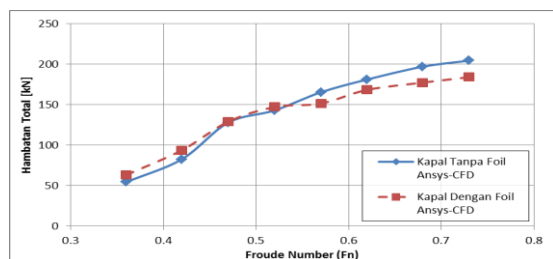
Tabel 10. Tipe dan Ukuran *Strut*

<i>Strut</i>	
Tipe NACA	: NACA 0010
Chord	: 1,2 m
Span	: 4,15 m

D. Kapal Dengan Menggunakan Foil Belakang

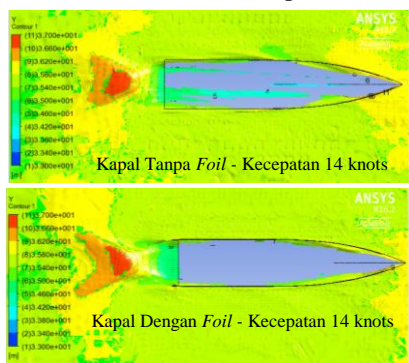
Tabel 11. Perbandingan Hambatan Kapal Tanpa dan Dengan Menggunakan Foil Belakang

Run ke-	V (knots)	Fn	Hambatan Total (kN)		
			Kapal Tanpa Foil		Kapal Dengan Foil
			Eksperimen	ANSYS-CFD	ANSYS-CFD
1	14	0,36	52,6	54,5	63,3
2	16	0,42	71,5	82,7	93,8
3	18	0,47	113,2	127,9	128,9
4	20	0,52	131,3	142,9	147,1
5	22	0,57	160,6	165,2	151,4
6	24	0,62	178,0	181,0	168,2
7	26	0,68	-	196,8	177,2
8	28	0,73	-	204,3	183,9



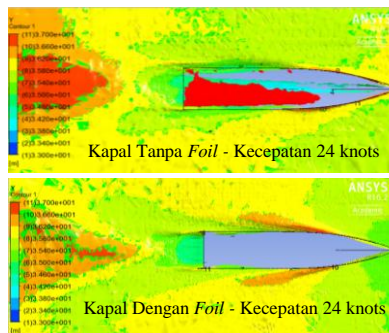
Gambar 17. Perbandingan Hambatan Kapal Tanpa dan Dengan Menggunakan Foil Belakang Secara Numerik

Gambar 17 merepresentasikan bahwa akibat dari pemasangan *foil* belakang pada simulasi numerik nilai persentase pertambahan hambatan pada *froude number* 0,36 (kecepatan 14 knots) yaitu 16,1%; dan nilai persentase ini terus berkurang sampai pada *froude number* 0,52 (kecepatan 20 knots) yaitu 2,9%. Sedangkan nilai persentase penurunan hambatan pada *froude number* 0,57 dan 0,62 (kecepatan 22 dan 24 knots) berturut-turut yaitu 8,4% dan 7,1%. Kemudian nilai persentase ini terus berkurang semakin besar sampai pada *froude number* 0,72 (kecepatan 28 knots) yaitu sebesar 10%.

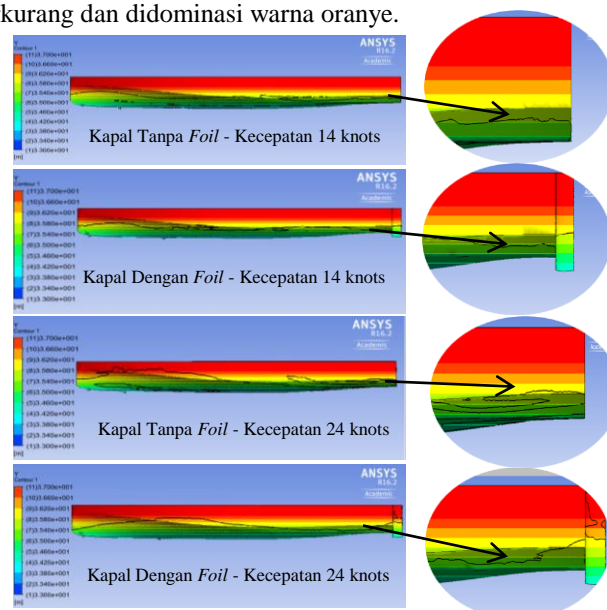


Perubahan hambatan ini dipengaruhi oleh gaya angkat yang terjadi pada *foil* belakang.

Dari hasil simulasi CFD, dapat dilakukan visualisasi efek-efek yang terjadi pada kapal tanpa dan dengan menggunakan



Gambar 16. Wave Pattern dari Kapal Tanpa dan Dengan Menggunakan Foil Belakang menunjukkan pada kecepatan 14 knots (*froude number* 0,36) pengaruh dari *foil* belakang masih belum terlihat perbedaannya. Sedangkan pada kecepatan 24 knots (*froude number* 0,62) telah terlihat perbedaan gelombang di belakang buritan kapal, dimana ketika kapal dengan menggunakan *foil* belakang kontur ketinggian air warna merah berkurang dan didominasi warna oranye.



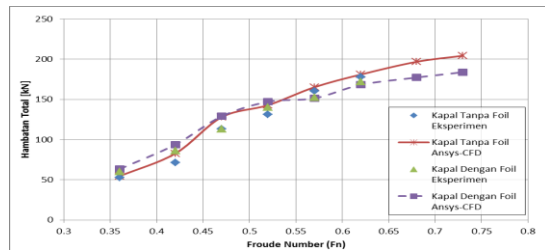
Gambar 18. Perbedaan Ketinggian Air dari Kapal Tanpa dan Dengan Menggunakan Foil Belakang

Dari Gambar 18 menunjukkan pada kecepatan 14 knots (*froude number* 0,36) pengaruh dari *foil* belakang belum terlihat. Sedangkan pada kecepatan 24 knots (*froude number* 0,62) terlihat pengurangan luas permukaan basah kapal.

E. Hasil Pengujian Hambatan di Towing Tank

Tabel 12. Hasil Perbedaan Hambatan Kapal Dengan dan Tanpa Foil Belakang Melalui Eksperimental dan Numerik

Run ke-	V (knots)	Fn	Hambatan Total (kN)			
			Kapal Tanpa Foil		Kapal Dengan Foil	
			Eksperimen	ANSYS-CFD	Eksperimen	ANSYS-CFD
1	14	0,36	52,6	54,5	60,2	63,3
2	16	0,42	71,5	82,7	86,0	93,8
3	18	0,47	113,2	127,9	113,4	128,9
4	20	0,52	131,3	142,9	140,5	147,1
5	22	0,57	160,6	165,2	152,2	151,4
6	24	0,62	178,0	181,0	172,2	168,2
7	26	0,68	-	196,8	-	177,2
8	28	0,73	-	204,3	-	183,9



Gambar 19 Hasil Perbedaan Hambatan Kapal Dengan dan Tanpa Foil Belakang Melalui Eksperimen dan Numerik

Gambar 19 merepresentasikan dimana seperti pada hasil numerik pada *froude number* kurang dari 0,52 (kecepatan 20 knots) hambatan kapal lebih besar daripada kapal tanpa *foil* belakang, namun pada *froude number* 0,52 (kecepatan 22 knots) keatas, hambatan kapal mulai mengalami penurunan hambatan. Melalui eksperimental nilai persentase pertambahan hambatan dibandingkan dengan kapal tanpa menggunakan *foil* belakang pada *froude number* 0,36 (kecepatan 14 knots) yaitu 14,5%; dan nilai persentase ini terus berkurang sampai pada *froude number* 0,52 (kecepatan 20 knots) yaitu 7%. Sedangkan nilai persentase penurunan hambatan dibandingkan dengan kapal tanpa menggunakan *foil* belakang pada *froude number* 0,57 dan 0,62 (kecepatan 22 knots dan 24 knots) berturut-turut yaitu 5,2% dan 3,3%. Perubahan hambatan ini dipengaruhi oleh gaya angkat yang terjadi pada *foil* belakang.

Selisih persentase antara simulasi numerik dan eksperimental terjadi dikarenakan pembuatan *foil* secara eksperimental dibuat dengan pendekatan sehingga gaya angkat yang terjadi pada *foil* tidak optimal. Selain itu pengaruh keterbatasan spesifikasi komputer dan *residual target* untuk tahap konvergensi pada simulasi numerik menggunakan *software Ansys-CFD* juga mempengaruhi hasil dari nilai hambatan total kapal. Dimana semakin besar spesifikasi komputer yang digunakan dapat mempercepat waktu pada tahap *solver*. Sedangkan sebaliknya untuk *residual target* pada tahap konvergensi apabila semakin kecil maka akan memperbesar akurasi dari nilai hambatan total kapal yang dihasilkan.

VII. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis pada hasil simulasi secara numerik dan eksperimental, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Tipe NACA untuk *foil* belakang adalah NACA 64A212 sudut serang 2^0 dengan *lift force/drag force* tertinggi yaitu 29,67; dan untuk strut adalah NACA 0010 dengan drag coefisien yang paling minimum yaitu 0,0091.
2. Pengaruh penambahan *foil* belakang pada Kapal Orela pada *froude number* 0,36 (kecepatan 14 knots) dapat menambah hambatan total kapal sebesar 14,5% (eksperimen) dan 16,1% (numerik); terus berkurang dengan bertambahnya kecepatan; dan pada *froude number* 0,57 (kecepatan 22 knots) dapat mengurangi hambatan total yaitu sebesar 5,2% (eksperimen), dan 8,4%

(numerik); serta pada *froude number* 0,62 (kecepatan 24 knots) yaitu sebesar 3,3% (eksperimen), dan 7,1% (numerik). Kemudian pada kecepatan dinas kapal yaitu pada kecepatan 28 knots (*froude number* 0,73) pengurangan hambatan semakin besar yaitu 10% (numerik).

B. Saran

Adapun saran dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan model uji *foil* untuk uji eksperimental perlu menggunakan alat khusus sehingga dapat mendapatkan hasil *foil* yang presisi.
2. Pengujian eksperimental kapal dengan menggunakan *foil* belakang sampai pada kecepatan dinas kapal yaitu 28 knots, sehingga dapat dibandingkan dengan simulasi numerik.
3. Menggunakan *dynamic mesh* untuk simulasi *free surface* sehingga mendapat hasil yang lebih akurat dan dapat mewakili fenomena asli.

UCAPAN TERIMA KASIH

“Penulis A.H. mengucapkan terima kasih kepada Pak Soegeng Riyadi selaku pembimbing dari PT. Orela Shipyard, Ujung Pangkah, Gresik yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini; dan kepada Pak Langgeng Condro serta Pak Rudie Sebastian yang telah membantu dalam proses pembuatan model dan eksperimen di Laboratorium Hidrodinamika ITS.”

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abbott, I. H., & Doenhoff, A. E. (1958). Theory of Wing Section. New York: Dover Publications, INC.
- [2] CFX. (2007). CFX Manual XIII Chapter 9: Free Surface Flow Over a Bump. Ansys.
- [3] Gibs, C. (1954). Hydrofoil Research Project for Office of Naval Research Navy Department. Washington, D.C.
- [4] Hull Vane b.v. (2016). Hull Vane - Fuel Saving Foils. Dipetik 05 Juli, 2016, dari Hull Vane: <http://www.hullvane.nl/>
- [5] Kim, D. (2012). The Performance of Planing Hulls in Transition Speeds. University of Southampton.
- [6] Laboratorium Hidrodinamika ITS. (2015). Tes Hambatan dan Estimasi Power Kapal Orela. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7] Sadraey, M. (2012). Wing Design, Chapter 5. Wiley Publications Errata.
- [8] Savitsky, D. (1964). Hydrodynamic Design of Planing Hulls. NJ USA: SNAME, Paramus.
- [9] The International Institute of Marine Surveying. (2015, Desember). The Report. The Application of Technology in Marine Surveying(74), hal. 36-43.
- [10] Versteeg, H., & Malalasekera, W. (1995). An Introduction to Computational Fluid Dynamics,. England: Longman Scientific & Technical.
- [11] Wonggiawan, F., Budiarto, U., & Rindo, G. (2015, Januari). Studi Perancangan Hydrofoil Kapal Penumpang Untuk Perairan Kepulauan Seribu. Jurnal Teknik Perkapalan, 3, 33-34.
- [12] Young, H. D., & Freedman, R. A. (2002). Fisika Universitas. Jakarta: Erlangga.
- [13] Yousefi, R., Shafaghat, R., & Shakeri, M. (2013). Hydrodynamic analysis techniques for high-speed planing hulls. Babol, Iran: Elsevier Ltd.